Defect 0のblocksについて (置換群論)

和田, 倶幸

数理解析研究所講究録
325巻 1978年 190-195

defect 0 の blocks について

小樽商大　　和田倶幸

§1　G を有限群，p を素数とする．

問題．G が defect 0 の p-block をもつ為の条件は何か？
今迄に知られている結果として，次の環論的あるいは表現論的なものがある．

1) （Tsushima，[3]）．K を標数 0 の G の分解体，$\mathfrak{p}$ を p の prime ideal divisor，R を $\mathfrak{p}$-adic integer の ring，$R/\mathfrak{p}$ を F とする．$c := \sum_{x: p\text{-elements}} x$，$\delta_1, \cdots, \delta_t$ を FG の defect 0 の block idempotents 全体とすると，$c^2 = \delta_1 + \cdots + \delta_t$ となる．

2) （Iizuka-Watanabe，[1]）　F は 1) における F とする．$K_1, \cdots, K_s$ を G の defect 0 の conjugate classes 全体とし，$M := \sum_{i=1}^{s} F\hat{K}_i$ とする．ここで $\hat{K}_i$ は class sum．すると FG の defect 0 の p-blocks の数 $= \dim_F M^2$．

一方群の構造に関する条件としては，$O_p(G) = 1$ が G が defect 0 の p-block をもつ為には必要であるが，一般には

十分でない。solvable group に関する N. Ito の反例は $O_p(G)=1$ でも，G は defect 0 の class さえもっていない。([2])。それでは G が defect 0 の element をもつ場合，どの様な時に G は defect 0 の p-block をもつか。我々は次の様な群を考える。

Def. G is a (p,q)-group $\overset{def.}{\Longleftrightarrow}$ $p, q \in \pi(G)$, G does not contain an element of order pq.

Theorem A. Let G be a $(2,p)$-group. Suppose $G \supseteq H \cong D_n$: dihedral of order 2^n with $|C_G(x)| = 2^{n-1} \times \text{odd}$, where $x \in H$, $|x| = 2^{n-1}$. Then G possesses a p-block of defect 0.

Theorem B. Let G be a (p,q); $(2,p)$ and $(2,q)$-group. Then 1) G possesses a p-block of defect 0, or

2) G possesses a q-block of defect 0.

§2 Proofs of Theorems

Remark 1. G が p-solvable (p,q)-group のときは，$O_p(G)=1$ が，G が defect 0 の p-block をもつ為にはやはり十分条件にならないという事がわかる。それは次の事実による。

Lemma 1. $O_{p'}(G) \supseteq K$: conjugate class of defect 0 of G
$\Rightarrow$ G は defect 0 の p-block をもつ。

∵) 後の Lemma 4 の Corollary.

Lemma 1 から "G が p-solvable (p,q)-group のとき $|O_{q'}(G)| \not\equiv 0\ (p)$ なら G は defect 0 の p-block をもつ." は trivial. $|O_{q'}(G)| \not\equiv 0\ (p)$ なら $O_p(G)=1$ であるが, "…" は $O_p(G)=1$ の時には, やはり正しくない. 実際 Ito の反例の index 2 の拡大で involution が p-Sylow 群に fixed point free に働く群を考えれば $O_p(G)=1$ で defect 0 の p-block をもたない solvable $(2,p)$-group となる.

Remark 2. G が 2-rank 1 の $(2,p)$-group なら p-solvable だから Remark 1 で述べた様になる. Theorem A は G の 2-rank $=2$ の場合で, 特に 2-Sylow 群が dihedral な $(2,p)$-group は defect 0 の p-block をもつ. 同様の証明で, G の 2-Sylow 群が 4-group, semi dihedral の場合も $(2,p)$-group は defect 0 の p-block をもつ. 証明は involution の数を数えるという方法のみによる.

Theorem A の証明.

$K_1, \cdots, K_s$ を G の conjugate class 全体としたとき, a_{ijk} を

$$\hat{K_i}\cdot\hat{K_j} = \sum_{k=1}^{s} a_{ijk}\,\hat{K_k}$$

とする. 次の Lemma を使う.

Lemma 2. 次は同値

1) G は defect 0 の p-block をもつ.

2) $\exists\{K_i, K_j, K_k\}$: defect 0 の G-conjugate class, s.t. $a_{ijk} \not\equiv 0\ (p)$.

∵) 1) → 2) は §1 の 2) より明らか.

2) → 1) $|C_G(x_i)|\, a_{ijk} = \sum_{\chi \in \mathrm{Irr}(G)} \chi(x_i)\, \omega_\chi(x_j)\, \overline{\chi(x_k)}$，但し $x_i \in K_i$, $x_j \in K_j$, $x_k \in K_k$ で $\omega_\chi(x_j) := |G : C_G(x_j)|\, \chi(x_j)/\chi(1)$，であるが仮定から左辺は p と素，故に $\exists \chi \in \mathrm{Irr}(G)$ s.t. $\omega_\chi(x_j) \not\equiv 0\ (\mathfrak{p})$ である．K_j が defect 0 だから χ は defect 0 の p-block に属する．

Lemma 3. G は $(2,p)$-group，G が defect 0 の p-block をもたない $\Longrightarrow$ $|N_G(P)| = \text{even}$ for $P \in \mathrm{Syl}_p(G)$，かつ G の involutions は 1-class

∵) 後の Lemma 4 より．strongly real な p-element が存在するから．

定理 A の証明にもどる．G が defect 0 の p-block をもたないとする．Lemma 3 より involutions は 1-class K_1．$x \in K_j$ とする．a_{11j} を調べる．

$$a_{11j} = \#\{y : \text{involution} \mid x^y = x^{-1}\}$$
$$= \#\{y : \text{involution} \mid y \in C_G^*(x) - C_G(x)\}$$

仮定から $|C_G^*(x)/\langle x\rangle| = 2 \times \text{odd}$ だから $\overline{C_G^*(x)} = C_G^*(x)/\langle x\rangle$ の involutions は 1-class $\overline{K}$．$\overline{y} \in \overline{K}$ のとき coset $y\langle x\rangle$ の各元は involution だから

$$a_{11j} = |x| \cdot |\overline{K}| = |x| \cdot |\overline{C_G^*(x)} : C_{\overline{C_G^*(x)}}(\overline{y})| \not\equiv 0\ (p)$$

これは Lemma 2 に矛盾．

Theorem B の証明．

次の Lemma を使う．

Lemma 4. $\exists K_i$ defect 0 の G-conjugate class, s.t. $a_{ii^*k}=0$ for $\forall K_k$: conjugate class of p-elements of G $\Rightarrow$ G は defect 0 の p-block をもつ. ここで $K_{i^*}=K_i^{-1}$.

∵) [4] を見よ.

定理 B の証明にもどる. G が defect 0 の p-block をもたないと仮定する. K_1 を G の involution の class, K_j を任意の q-elements の class とする. G が $(2,p)$, (p,q)-group だから Lemma 2 により $a_{11j}\equiv 0\ (p)$.

もし $a_{11j}\neq 0$ for $\exists K_j$: class of q-elements of G ならば, $a_{11j}\mid |C_G(x_j)|$, $x_j\in K_j$ でなければならない. (∵) G は $(2,q)$-group). $|C_G(x_j)|\not\equiv 0\ (p)$ より矛盾. 従ってすべての q-elements の class K_j に対して $a_{11j}=0$ となり Lemma 4 から G は defect 0 の q-block をもつ.

References.

[1] Iizuka - Watanabe : On the number of blocks of irreducible characters of a finite group with a given defect group, Kumamoto J. Sci. (Math.), vol. 9, 55 - 61 (1973).

[2] N. Ito : Note on the characters of solvable groups, Nagoya Math. J. 39 (1970), 23-28.

[3] Tsushima : On the block of defect 0, Nagoya M.J. 44 (1971), 57-59.

[4] Wada : On the existence of p-blocks with given defect groups, Hokkaido M.J. 6 (1977), 243-248.